

INFLUÊNCIA DO GESSO E BIOFERTILIZANTE NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM SOLO SALINO-SÓDICO E NO CRESCIMENTO INICIAL DO GIRASSOL

FRANCISCO VANIES DA SILVA SÁ¹; EVANDRO FRANKLIN DE MESQUITA²;
ANTONIO MICHAEL PEREIRA BERTINO³; JUCIMAR DANTAS COSTA³ E
JOSINALDO LOPES ARAÚJO⁴

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Manejo de Solo e Água Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN. E-mail: vanies_agronomia@hotmail.com

² Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, Professor Adjunto, Departamento de Ciências Humanas e Agrárias (CCHA), Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Catolé do Rocha, PB, e-mail: elmesquita4@uepb.edu.br

³ Licenciado em Ciências Agrárias, CCHA/UEPB, e-mail: ampbantonio@gmail.com

⁴ Engenheiro Florestal, Doutor em Ciência do Solo, Professor Adjunto, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias (UAGRA), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal-PB. E-mail: jhosinal_araujo@yahoo.com.br

1 RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos de doses de gesso e de biofertilizante nos atributos químicos de um solo salino-sódico e no crescimento inicial de plantas de girassol. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Ciências Humanas e Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba (CCHA-UEPB), *Campus IV* Catolé do Rocha-PB. Os tratamentos compreenderam um esquema fatorial 4x2 com quatro doses de gesso agrícola (25; 50; 75; 100% da necessidade de gesso - NG) na ausência e na presença de biofertilizante bovino (0 e 10% v/v), com três repetições. Após a aplicação dos tratamentos, incubação do solo e posterior lavagem, cultivaram-se plantas de girassol cultivar CF/01 ADVANTA durante 30 dias. A aplicação do gesso reduziu a salinidade e a sodicidade do solo, sendo que a dose de 100% da NG proporcionou as maiores reduções obtendo valores de RAS e PST mantendo-os inferiores a 12 (mmol_c L⁻¹)^{-0,5} e 15%, respectivamente. O melhor desenvolvimento das plantas de girassol ocorreu no solo com a presença de biofertilizante. A associação gesso e biofertilizante favoreceu a correção do solo salino-sódicos e cultivo do girassol.

Palavras-chave: salinidade; sodicidade; *Helianthus annuus* L.; matéria orgânica

SÁ, F.V.S.; MESQUITA, E.F.; BERTINO, A.M.P.; COSTA, J.D.; ARAÚJO, J.L.
INFLUENCE OF PLASTER AND BIOFERTILIZER ON CHEMICAL ATTRIBUTES
OF A SALINE SODIC SOIL AND ON INITIAL GROWTH OF SUNFLOWER

2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of plaster and biofertilizer levels on the chemical attributes of a saline sodic soil and on initial growth of sunflower. The experiment

was conducted in a greenhouse of the Center of Humanities and Agricultural Sciences, Paraíba State University (CCHA-UEPB), Campus IV Catolé Rocha-PB, Brazil. Treatments were applied using a 4 x 2 factorial design with four levels of gypsum (25; 50; 75; 100% of the plaster need) in the absence and presence of bovine biofertilizer (0 and 10% v/v) and three replicates. After treatment application, soil incubation and subsequent washing, the sunflower plants cv CF/01 ADVANTA were grown for 30 days. Gypsum application reduced soil salinity and sodicity. Plaster need of 100% led to the greatest reductions in sodium adsorption ratio (SAR) and exchangeable sodium percentage (ESP), with values lower than 12 ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)^{-0.5} and 15%, respectively. Optimal sunflower plant development was observed in the presence of soil biofertilizer. The gypsum and biofertilizer association favored the correction of saline sodic soil and cultivation of sunflower plants.

Keywords: salinity, sodicity, *Helianthus annuus* L., organic matter

3 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma espécie de semente oleaginosa de grande importância mundial explorada em áreas onde a seca e problemas com salinidade ocorrem com frequência. Sendo considerada, com base em indicadores de estresse hídrico, uma espécie de tolerância moderada a salinidade (CATERINA et al., 2007).

Tendo em vista que regiões áridas e semiáridas, como o Nordeste Brasileiro, o excesso de sais no solo exerce efeitos adversos em plantas, incluindo distúrbios osmóticos, que dificulta a absorção de água pelas raízes, toxicidade por íons e desequilíbrio nutritivo (HAZEGAWA et al., 2000; TAIZ & ZEIGER, 2013). E que o girassol apresenta ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas, resistência à seca, ao frio, ao calor, sendo que seu rendimento é pouco influenciado pela latitude, pela altitude e pelo fotoperíodo (CASTRO et al., 1996). Entretanto são escassos resultados de seu desenvolvimento em solos degradados por sais e sódio.

O excesso de sais e sódio no solo proporciona alterações químicas e físicas no solo, os quais em última instância se refletem no comportamento das espécies vegetais nos quais são cultivadas (QADIR et al., 2007). No Brasil, embora de maneira geral sejam de pouca ocorrência, na região semiárida do Nordeste, principalmente em perímetros irrigados, a degradação do solo pelo excesso de sais e sódio proporciona reduções na produtividade agrícola (RIBEIRO et al., 2003).

Ao longo dos anos vem se buscando alternativas viáveis para corrigir os impactos da salinidade do solo, dentre os corretivos, o gesso tem sido o mais empregado, principalmente devido ao seu baixo custo em relação aos demais, entretanto, apesar de muitos trabalhos atestarem seus efeitos positivos na melhoria dos atributos químicos e físicos (VITAL et al., 2005; HOLANDA et al., 2007; LEITE et al., 2007; MIRANDA et al., 2011; SOUSA et al., 2012), este corretivo é de reação neutra e de pouca contribuição para baixar o pH destes solos, embora alguns resultados mostraram que o mesmo tem sido capaz de reduzir o pH de solos salinos alcalinos (VITAL et al., 2005; LEITE et al., 2007; MIRANDA et al., 2011, SOUSA et al., 2012).

Além do emprego de corretivos químicos tem se buscado novas alternativas para a correção da salinidade do solo, em contrapartida o emprego de insumos orgânicos têm mostrado efeitos positivos na recuperação de tais solos (EL-DARDIRY, 2007; MIRANDA et al., 2011). A matéria orgânica nestes solos tem efeito condicionador, promovendo melhorias na

redistribuição dos poros do solo, levando a uma melhor permeabilidade do solo, consequentemente melhorando o movimento de água (EL-DARDIRY, 2007) além de atuar como colóides do solo. Entretanto são raros os relatos do uso de fertilizantes orgânicos solúveis no condicionamento de solos salinos e salino-sódicos.

Os fertilizantes orgânicos solúveis também conhecidos como biofertilizantes desempenham efeitos benéficos, não só pelos quantitativos dos seus nutrientes, mas na diversidade da composição mineral, que pode formar compostos quelatizados e serem disponibilizados pela atividade biológica e como ativador enzimático do metabolismo vegetal (PRATES & MEDEIROS, 2001). A aplicação do biofertilizante ao solo pode induzir aumento do ajustamento osmótico às plantas pela acumulação de solutos orgânicos, promovendo a absorção de água e nutrientes em meios adversamente salinos (CAVALCANTE et al., 2009). Além disso, pode contribuir para melhorar a tolerância das plantas aos sais, promovendo melhores condições na emergência das plântulas, crescimento vegetativo e produção de biomassa (LACERDA et al., 2003).

Além do uso de corretivos, o cultivo de espécies mais tolerantes à salinidade, é uma das medidas que podem acelerar o processo de recuperação destes solos reintegrando as áreas salinizadas mais rapidamente a produção agrícola (QADIR et al., 2007). Contudo, objetivou-se avaliar os efeitos de doses de gesso e de biofertilizante nos atributos químicos de um solo salino-sódico e o crescimento inicial de plantas de girassol.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos em casa de vegetação do Centro de Ciências Humanas e Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba (CCHA-UEPB), Campus IV Catolé do Rocha-PB. Foram utilizadas amostras de um Neossolo Flúvico, salino-sódico, textura franco arenosa, obtidas no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, localizado a 10 km do município de Sousa-PB. As amostras coletadas na camada de 0-20 cm foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solo do CCTA/UFCG para sua caracterização quanto à granulometria, fertilidade e salinidade de acordo com a metodologia da Embrapa (1997) (Tabela 1).

Tabela 1. Características físicas e químicas da amostra de Neossolo Flúvico solo salino-sódico, coletado no perímetro irrigado de São Gonçalo-PB.

Trocáveis	Solo salino sódico	Solúveis	Solo salino sódico
pH (CaCl ₂)	9,96	CE _{es} (dSm ⁻¹)	24,38
P (mg kg ⁻¹)	0,64	pH _{es}	10,29
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,23	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,60
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	22,96	Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	201,30
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,40	K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,88
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,00	RAS (mmol _c L ⁻¹) ^{-0,5}	121,40
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	0,00	Granulometria	Solo salino sódico
SB (cmol _c dm ⁻³)	23,59	Areia (g Kg ⁻¹)	650
CTC (cmol _c dm ⁻³)	23,59	Silte (g Kg ⁻¹)	225
M.O. (g kg ⁻¹)	2,00	Argila (g Kg ⁻¹)	95
V (%)	100,00		
PST (%)	97,32		
Al ³⁺	0,00		

P, K, Na: extrator Mehlich 1; Al, Ca, Mg: extrator KCl 1,0 mol L⁻¹; SB=Ca+2+Mg+2+K++Na+; H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0; CTC=SB+H++Al+3; M.O.: Digestão Úmida Walkley-Black; PST= Percentagem de Sódio Trocável ((Na⁺/CTC) * 100), RAS= Relação de Absorção de Sódio.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial 4x2 com quatro doses de gesso agrícola na correção do solo salino sódico (25; 50; 75; 100% da NG) na ausência e na presença de biofertilizante bovino (0 e 10% v/v), com quatro repetições e três vasos por unidade experimental. Os vasos utilizados no experimento tinham capacidade para 1 dm³ de solo e seguiram o modelo dos vasos de Leonard, utilizando-se de garrafas pet de 2 litros segundo metodologia de Santos et al. (2009), permitindo assim que a incubação do solo manteve-se em capacidade de campo por meio do fluxo capilar da água.

A dose de sulfato de cálcio correspondente à necessidade de gesso NG foi calculada com base no teor de sódio trocável do solo, visando diminuir sua PST para 15% visando a perca do caráter sódico. A necessidade de gesso foi estimada conforme equação 1 descrita por Richards (1954). Obtendo-se uma dose de gesso estimada de 26,1 MG ha⁻¹ correspondente a 100% da NG, que corresponde a 13,05 g dm⁻³.

$$NG = \frac{(PSTi - PSTf) * CTC * 86 * P * Ds}{100} \quad \text{Eq.1}$$

Onde: PSTi= Porcentagem de sódio trocável inicial dos solos; PSTf= Porcentagem de sódio trocável desejada; CTC= Capacidade de sódio trocável; p= Profundidade de correção (cm); Ds= Densidade do solo (g cm⁻³).

Após a aplicação dos corretivos, os solos foram incubados por 45 dias sendo 30 dias com umidade correspondente a capacidade de campo, onde passara por uma lavagem com duas vezes o volume de poros. A fase seguinte correspondeu a mais 15 dias de incubação com umidade correspondente a capacidade de campo, após isso foi novamente realizada a lavagem do solo, aplicando-se um volume de água equivalente a duas vezes a porosidade total do solo.

O biofertilizante foi aplicado duas vezes, sendo a primeira no primeiro dia de incubação e a segunda após oito dias de incubação nas respectivas doses acima citadas. Após a lavagem, foram retirados de cada vaso cerca de 100 g de solo, com os quais foi realizada uma nova caracterização química do solo. Foram avaliados no extrato de saturação a CE_{es} (condutividade elétrica) (dS m⁻¹), pH, os teores solúveis de cálcio (Ca⁺²) (mmol L⁻¹), magnésio (Mg⁺²) (mmol L⁻¹), sódio (Na⁺) (mmol L⁻¹), potássio (K⁺) (mmol L⁻¹), percentagem de sódio trocável (PST) (%) e relação de adsorção de sódio (RAS) (mmol L⁻¹)^{-0,5} conforme procedimentos descritos em Richards (1954). Os valores da RAS e da PST foram estimados conforme Richards (1954). Equações 2 e 3 descritas por Richards (1954).

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{(Ca+Mg)/2}} \quad \text{Eq. 2}$$

$$PST = \frac{100(0,01475RAS - 0,0126)}{1 - (0,01475RAS - 0,0126)} \quad \text{Eq. 3}$$

O biofertilizante bovino foi produzido de forma anaeróbica com período de incubação de 45 dias para fermentação dos resíduos orgânicos (esterco bovino e raiz de plantas leguminosas) (Tabela 2).

A cultura empregada foi girassol (cultivar CF/01 ADVANTA) escolhido em decorrência do seu potencial produtivo e pela importância econômica que vem exercendo na região. As sementes foram germinadas em bandejas de isopor de 128 células, preenchidas com substrato composto por solo de barranco e areia de rio. Após atingirem cerca de 8 cm de altura, as plântulas foram selecionadas e transferidas para os mesmos vasos empregados no primeiro experimento, com os respectivos tratamentos.

Tabela 2. Valores de pH em água, condutividade elétrica e da composição do biofertilizante bovino, aos 45 dias após o início da fermentação anaeróbia.

pH(H ₂ O)	CE	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
	dS m ⁻¹	mmol _c L ⁻¹							
6,34	1,08	3,71	2,40	3,27	1,69	5,59	0,43	2,03	3,02

CE = condutividade elétrica.

Após o transplante das mudas, em todos os vasos, foi realizada uma adubação com biofertilizante correspondente a 5% do volume do solo como adubação de base. A adubação foi dividida em duas aplicações de 2,5% do volume do solo, sendo que a primeira foi aplicada cinco dias antes do transplante e a segunda, quinze dias após o mesmo. Durante 30 dias após o transplante das plantas, as mesmas passaram por medições de diâmetro do caule, altura e área foliar, com as quais serão determinados o crescimento em diâmetro, altura e área foliar correspondente ao desenvolvimento vegetativo da planta sobre as condições de estresse salino. Posteriormente as partes aéreas das plantas, separadas das raízes, as quais foram secas em estufa a 65-70°C para a obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST). A área foliar foi estimada pela equação 4 proposta por Maldaner et al. (2009).

$$AF = 1,7582 L^{1,7067}$$

Eq. 4

Onde: L= Largura da folha (cm).

A análise estatística constou da análise de variância, análise de regressão polinomial e teste de médias, quando pertinente (Tukey) ao nível de 5% de significância utilizando-se o *software* SISVAR (FERREIRA, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis relacionadas à salinidade do solo foram influenciadas significativamente, pelas diferentes doses de gesso, entretanto, o biofertilizante não teve efeito significativo sobre a relação de adsorção de sódio e porcentagem de sódio trocável (Tabela 3). A interação gesso biofertilizante não exerceu efeito significativo sobre as variáveis condutividade elétrica, pH em água, teor de magnésio, relação de adsorção de sódio e porcentagem de sódio trocável.

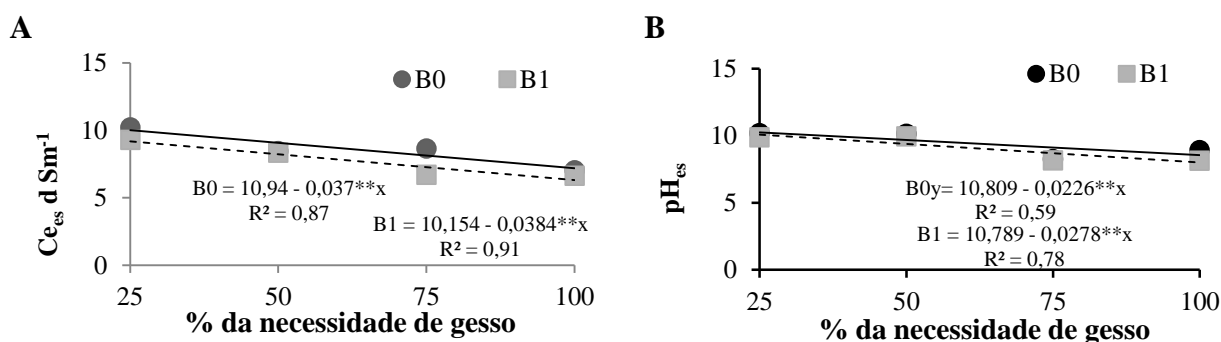
Tabela 3. Resumo da análise de variância das variáveis condutividade elétrica (CE_{es}) dSm^{-1} , pH, teores de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), relação de absorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PST) de um solo salino sódico corrigido com doses de gesso e de biofertilizante por 45 dias de incubação e após duas lavagens.

FV	GL	Quadrados médios							
		CE_{es}	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	RAS	PST
NG	3	12,49**	7,63**	707,34**	31,67**	2029,67**	0,43E ^{-01**}	1579,48**	969,62**
BIO	1	6,79**	1,01**	15,38*	8,99*	385,79**	0,32**	5,23 ^{NS}	3,52 ^{NS}
NG x BIO	3	1,01 ^{NS}	0,18 ^{NS}	8,14*	1,86 ^{NS}	103,32**	0,17E ^{-01**}	5,45 ^{NS}	1,69 ^{NS}
ERRO	24	0,69	0,10	2,00	1,33	13,01	0,20E ⁻⁰²	7,67	3,25
CV		10,12	3,49	11,32	24,88	5,45	12,63	10,05	6,72
Médias									
B0-ausência		9,39a	8,59a	12,90 a	5,16 a	69,01 a	0,25 b	28,37a	27,45a
B1-presença		9,05b	7,75b	11,80 b	4,10 b	62,63 b	0,46 a	27,12a	26,31a

**,* e ns = significativo a 1% , 5% e não significativo, respectivamente; FV = fonte de variação; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

Observou-se que a condutividade elétrica do solo teve efeito linear decrescente em função das doses de gesso aplicadas, valendo salientar que a dose 100% da necessidade de gesso promoveu uma condutividade elétrica do solo de 7, 24 e 6,35 $dS m^{-1}$ na presença e ausência do biofertilizante bovino, sendo 3, 4 e 3,9 vezes menor ao valor inicial antes da aplicação do gesso (Tabela 1), que era de 24, 38 $dS m^{-1}$ (Figura 1 A). A condutividade elétrica do solo na presença do biofertilizante bovino se sobrepusera às aquelas a CE_{es} do solo na ausência do insumo, evidenciando maior eficiência do gesso na presença do insumo. Acredita-se que o biofertilizante melhorou as características químicas e físicas do solo promovendo uma maior lixiviação dos mesmos assim favorecendo a redução da salinidade do solo (Figura 1 A). Esses resultados assemelham-se as constatações de Sousa et al. (2012) que observaram efeitos benéficos da matéria orgânica sobre a condutividade elétrica do solo.

Figura 1. Condutividade elétrica e pH da pasta saturada de um solo salino-sódico após aplicação de doses de gesso na presença (---) e ausência (-) do biofertilizante.



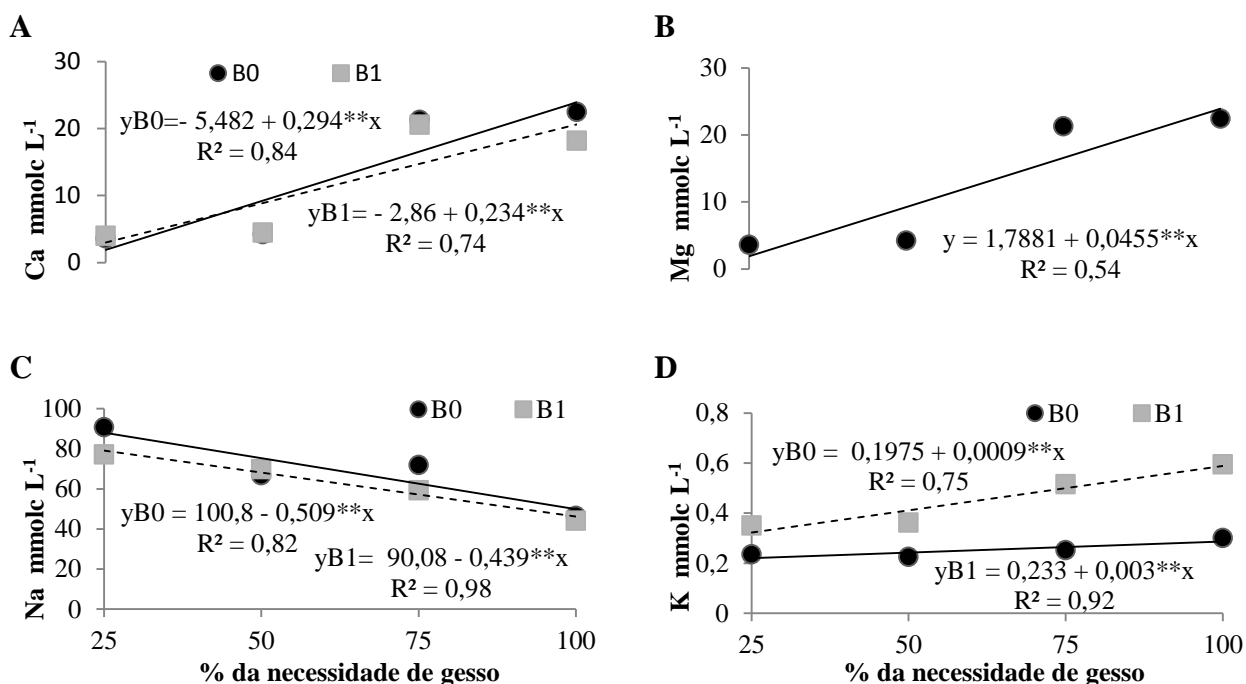
Os melhores resultados de pH do solo foram obtidos com aplicação da dose de 100% da necessidade de gesso com valores de 8,26 e 8,08, proporcionando reduções de 13,0 % e 20,67% na presença e ausência do biofertilizante bovino, respectivamente, para o solo antes da aplicação do corretivo (Tabela 1), cujo valor de pH era de 10,29 (Figura 1 B). Apesar de ser um corretivo neutro o gesso contribui para a redução do pH por deslocar o sódio dos sítios de troca dos colóides do solo, facilitando a remoção do mesmo por lixiviação, desse modo reduzindo indiretamente a alcalinidade do solo. A redução do pH em função da aplicação de gesso no solo salino-sódico também foi observada por Leite et al. (2007). Observou-se menor valor do pH do

solo na presença do biofertilizante, isto pode ter ocorrido devido as substâncias húmicas contidas no insumo, proporcionando a produção de ácidos orgânicos (LACERDA et al., 2003; NUNES et al., 2009).

As doses de gesso influenciaram linearmente os teores solúveis de cálcio no solo, para dose de 100% da necessidade de gesso com valores de $22,45 \text{ mmol}_c\text{L}^{-1}$ para o solo sem biofertilizante e de $18,25 \text{ mmol}_c\text{L}^{-1}$ para o solo com biofertilizante (Figura 2 A). Observa que no solo onde há presença do biofertilizante, os valores de CE_{es} foram reduzidos em 18,7% em média, em relação ao solo onde este produto não esteve presente, em relação dose 100% da necessidade de gesso (Figura 2A). Os teores solúveis de magnésio no solo aumentaram linearmente com o aumento unitário de 0,0455 da dose de gesso (Figura 2 B). O solo com ausência de biofertilizante apresentou os maiores valores de sais solúveis de magnésio com 20,5% a mais que o solo que teve aplicação de biofertilizante (Tabela 4). A aplicação de gesso favoreceu a redução dos teores de sódio no solo de forma linear crescente com destaque para a dose de 100% da necessidade de gesso, que reduziu 4,51 e 4,76 vezes os teores iniciais de sódio no solo com ausência e presença de biofertilizante respectivamente (Figura 2 C). O solo com a presença de biofertilizante apresentou 5,17% em média menos sódio que o solo em que este insumo esteve ausente (Figura 2 C).

Observou-se que os teores solúveis de potássio na solução do solo aumentaram linearmente em função da aplicação de gesso ao solo em 0,0009 e 0,003 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ para cada aumento unitário da dose de gesso no solo com ausência e com presença de biofertilizante em média respectivamente (Figura 2 D). Vale a pena salientar que a presença do insumo orgânico biofertilizante contribuiu diretamente para o aumento dos teores de potássio chegando a ser 49,6% superior ao solo que com ausência do mesmo para a dose de 100% NG, todavia, os íons de sódio e de potássio serem de fácil remoção pela água de lixiviação em relação aos íons cálcio e magnésio (RIBEIRO et al., 2003). Entretanto, a redução do sódio em função da aplicação do corretivo e o aumento das cargas negativas do solo imposta pela matéria orgânica favorecem os maiores teores de potássio no solo.

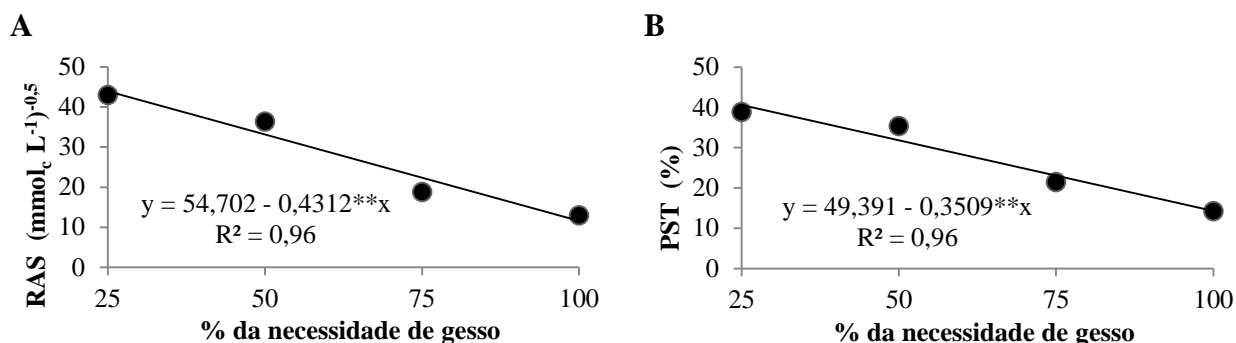
Figura 2. Teores de cálcio, magnésio, sódio e potássio da pasta saturada de um solo salino-sódico após aplicação de doses de gesso na presença (---) e ausência (-) do biofertilizante.



A redução dos teores de sais em função da aplicação do gesso e do biofertilizante pode estar relacionada às melhorias físicas e químicas proporcionadas ao solo pelos insumos, já que a matéria orgânica atua como agente ligante entre os componentes dos solos, interferindo de maneira positiva nos seus atributos físicos, aumentando a condutividade hidráulica e a infiltração de água (FREIRE & FREIRE, 2007), além de seu efeito condicionador para com o mesmo, promovendo melhorias na redistribuição dos poros do solo, aumentando a permeabilidade do solo e conseqüentemente melhorando o movimento de água (ELDARDIRY, 2007), tornando assim mais eficiente à lavagem de sais do solo. O aumento dos teores de cálcio e magnésio e a redução dos teores de sódio do solo com aplicação de gesso no solo também foram observado por Vital et al. (2005); Holanda et al. (2007) e Leite et al. (2007), onde os teores desses sais aumentaram conforme o aumento da dose de gesso aplicada ao solo reduzindo assim os teores de sódio devido a competitividade pelos sítios de troca.

A relação de adsorção de sódio foi à variável mais influenciada pela adição das doses de gesso, com redução de 69,9% da dose de 100% da necessidade de gesso com 12,92 (mmolc L⁻¹)^{-0,5} em relação à menor dose de 25% que obteve o resultado de 42,98 (mmolc L⁻¹)^{-0,5} (Figura 3 A). Vale salientar que a aplicação da maior dose de gesso reduziu 9,4 vezes a relação de absorção de sódio em relação ao solo antes da aplicação do corretivo que apresentava 121,4 (mmolc L⁻¹)^{-0,5} (Tabela 1). O aumento das doses de gesso exerceu efeito muito eficiente sobre a porcentagem de sódio trocável, reduzindo a mesma para menos 15% valor tido como indicador de sodicidade do solo para a dose de 100% da necessidade de gesso (Figura 3 B).

Figura 3. Relação de absorção de sódio e Percentagem de sódio trocável de um solo salino sódico após aplicação do corretivo e biofertilizante.



A solubilização do gesso promove a liberação de cálcio e sulfato no solo, sendo que o primeiro tem a função de deslocar o sódio trocável para a solução que por sua vez faz reação com o sulfato formando assim o sulfato de sódio que é de fácil lixiviação e é removido pela lâmina de lavagem. Porém a adição da matéria orgânica na forma de biofertilizante não exerceu efeito direto sobre a RAS e PST do solo. A redução da relação de adsorção de sódio e da porcentagem de sódio trocável em função da aplicação de gesso também é observada em, Holanda et al. (2007); Leite et al. (2007); Miranda et al. (2011) e Sousa et al. (2012) e o comportamento benéfico da matéria orgânica pode ser observada em Miranda et al. (2011).

Na (Tabela 4) observa-se a classificação de solos afetados por sais após a aplicação dos tratamentos. Independentemente do biofertilizante, apenas a dosagem de 100% de necessidade de gesso a classificação do solo passou de salino-sódico para salino, evidenciando a importância da correção dos solos sódico e salino-sódico com aplicação de gesso agrícola. O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é um sub produto da fabricação de ácido fosfórico. Com isso, a utilização da gessagem ocorre à capacidade de troca de cátions do solo, isto é, Na trocável será substituído por Ca trocável na solução do solo. De acordo Kelly (1951 apud FREIRE & FREIRE, 2007), a aplicação de gesso caracteriza-se por duas reações químicas no solo: 1) íons Ca substituem o Na trocável, convertendo argila-Na em argila-Ca, e 2) o gesso tende a reagir com Na_2CO_3 , originando o CaCO_3 e o Na_2SO_4 , que é lixiviado, obtendo-se, assim, a redução dos teores de Na do solo.

A correção do solo exerceu efeito significativo sobre as variáveis relacionadas ao crescimento vegetal do girassol, apresentando interação significativa ao nível de 1% de probabilidade entre as doses de gesso e as doses de biofertilizante (Tabela 5). Tais resultados demonstram a eficiência da associação, corretivo x biofertilizante para o desenvolvimento vegetal, pois o biofertilizante pode fornecer ao solo compostos quelatizados a serem disponibilizados pela atividade biológica e pela liberação de ativadores enzimáticos do metabolismo vegetal (PRATES & MEDEIROS, 2001).

Tabela 4. Influência de doses de gesso e biofertilizante nas características químicas do solo segundo sistema de classificação de solos afetados por sais (Richards, 1954).

% da necessidade de Gesso	CE		PST	RAS	pH		Classificação
	B0	B1	-	($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) ^{0,5}	B0	B1	
	dS m ⁻¹		%		-		
25	10,1	9,2	47,25	43,92	10,2	10,1	Salino-sódico
50	9,1	9,2	31,21	33,14	9,7	9,4	Salino-sódico
75	8,2	8,3	22,77	22,36	9,1	8,7	Salino-sódico
100	7,3	6,4	14,32	11,58	8,5	8,1	Salino

As maiores doses de gesso favoreceram ao maior ganho de altura pelas plantas de girassol, obtendo-se os melhores resultados para a dose de 100% da NG, com valor de 12,77 cm para o solo com biofertilizante e 9,26 cm para o solo sem a aplicação do biofertilizante (Figura 4 A). Observa-se que a adição do biofertilizante promoveu um efeito benéfico sobre o ganho de altura das plantas de girassol de 27,48% superior ao solo onde esse insumo esteve ausente na dose de 100% da NG. Fato também confirmado por Nunes et al. (2009) que observaram maiores valores de altura em mudas de noni com salinidade e biofertilizante. A eficiência do gesso na correção da salinidade do solo e no desenvolvimento em altura de plantas cultivadas foi observado por Menezes Junior et al. (2010), em plantas de milho. Entretanto a aplicação do biofertilizante ao solo pode induzir aumento do ajustamento osmótico às plantas pela acumulação de solutos orgânicos, promovendo a absorção de água e nutrientes em meios adversamente salinos (CAVALCANTE et al., 2009).

Tabela 5. Resumo da análise de variância das variáveis, altura de planta (AT), diâmetro caulinar (DC), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raízes (MSR) e massa seca total de plantas de girassol cultivar CF/01 ADVANTA após 30 dias de cultivo em um solo salino sódico corrigido com doses de gesso e de biofertilizante.

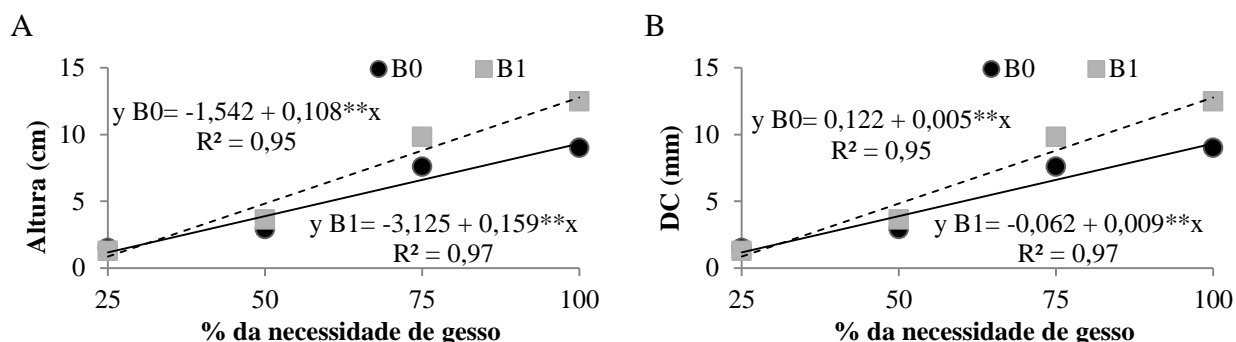
FV	GL	QM					
		AT	DC	AF	MSPA	MSR	MST
NG	3	156.50**	0.51**	1854.64**	0.24**	0.68E ⁻⁰¹ **	0.56**
BIO	1	20.11**	0.37E ⁻⁰¹ **	274.96**	0.56E ⁻⁰¹ **	0.93E ⁻⁰¹ **	0.29**
NG x BIO	3	5.23**	0.43E ⁻⁰¹ **	112.22**	0.24E ⁻⁰¹ **	0.15E ⁻⁰¹ **	0.72E ⁻⁰¹ **
ERRO	17	0.33	0.41E ⁻⁰²	11.78	0.90E ⁻⁰³	0.26E ⁻⁰³	0.13E ⁻⁰²
CV		9.59	12.37	16.01	7.88	11.88	6.91

**= 1% de probabilidade, *= 5% de probabilidade NS= não significativo; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

O diâmetro caulinar das plantas de girassol ajustou ao modelo linear crescente. O aumento unitário da NG variou de 0,005 e 0,009 mm para as plantas cultivadas na ausência e presença do biofertilizante bovino, respectivamente, alcançando valores máximos de 0,62 e 0,96 mm com a utilização de 100% da necessidade de gesso (Figura 4 B). Com isso, observa-se a eficiência da associação gesso e biofertilizante para se obter um melhor desenvolvimento das plantas, considerando que além da redução dos impactos promovidos pela salinidade, a decomposição desses insumos libera nutrientes as plantas, reduzindo assim o estresse nutricional. Os efeitos benéficos da aplicação de gesso em solos degradados por sais para desenvolvimento caulinar também foi observado por Sousa et al. (2012) em plantas nativas da caatinga. Esses resultados expressam que o biofertilizante não evita, mas atenua a ação deletéria da salinidade do solo sob o crescimento inicial do girassol.

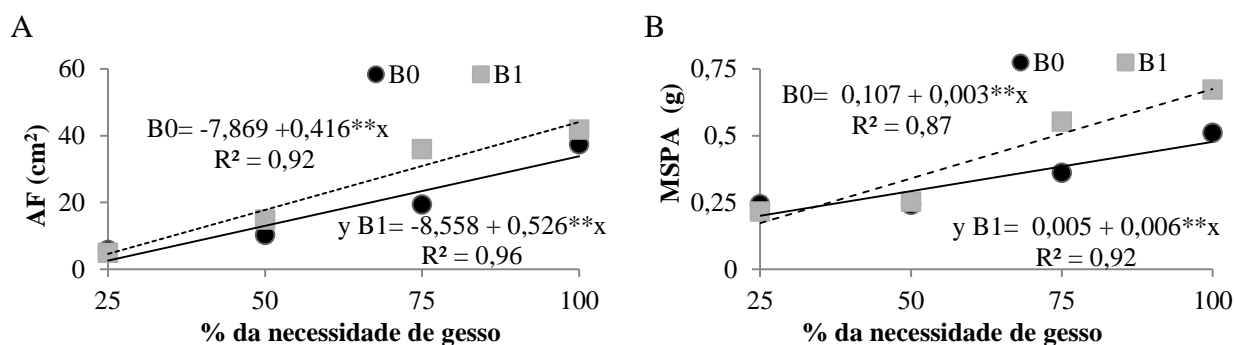
A redução da classificação de salino-sódico para salino (Tabela 4), referente à dose de 100% da necessidade de gesso promoveu, independentemente da utilização do biofertilizante bovino, os maiores valores da área foliar de 33,73 e 44,04 cm², alcançado com a dose de 100% da NG na ausência e presença do biofertilizante bovino (Figura 5 A), com superioridade de 30% na área foliar das plantas cultivadas com insumo orgânico em comparação a aquelas formadas na ausência, evidenciando a importância da interação gesso e biofertilizante bovino em reduzir o efeito inibidor da salinidade no crescimento das plantas. Tais resultados também foram observados por Cavalcante et al. (2009), em plantas de maracujazeiro amarelo cultivado formada em um solo salino com aplicação do biofertilizante.

Figura 4. Crescimento em altura e em diâmetro caulinar de plantas de girassol cultivado em um solo salino-sódico após aplicação do corretivo na presença (---) e ausência (-) do biofertilizante.



O maior ganho de massa seca da parte aérea esteve condicionado as doses de 100% da NG, entretanto, aplicação do biofertilizante junto à dose de gesso favoreceu ao maior ganho de massa seca da parte aérea, cerca de 24,16 % a mais que o solo com ausência do biofertilizante na respectiva dose (Figura 5 B). O melhor desenvolvimento radicular das plantas de girassol também foi observado na dose de 100% da NG, onde aplicação do biofertilizante foi de suma importância para o acúmulo de massa seca das raízes proporcionando 63,38 % a mais que no tratamento sem biofertilizante na respectiva dose (Figura 6 A). Tais resultados estão relacionados à que a dose de 100% da NG proporcionou a melhor recuperação do solo (Tabela 4).

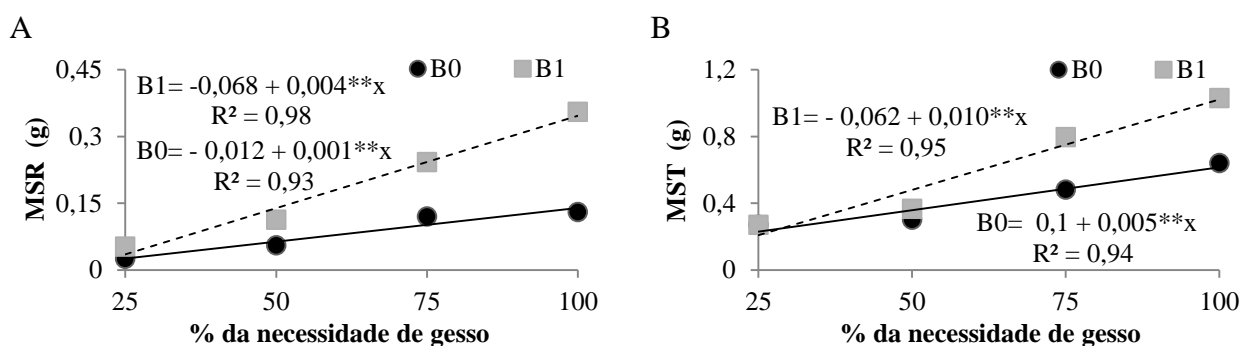
Figura 5. Ganho de área foliar e matéria seca da parte aérea de plantas de girassol cultivado em um solo salino-sódico após aplicação do corretivo na presença (---) e ausência (-) do biofertilizante.



Vale salientar, que as plantas cultivadas no solo com dose de 75% da NG associado ao biofertilizante obtiveram 7,6 e 46,39% mais massa seca da parte aérea e das raízes em relação à dose de 100% da NG sem o biofertilizante respectivamente (Figura 5 B; 6 A). Acredita-se que o uso da matéria orgânica por ser uma importante fonte de nitrogênio, pode possibilitar a redução do efeito das altas concentrações de sais de sódio no solo e favorecer ao desenvolvimento das plantas, já que, segundo Taiz & Zeiger (2013), plantas submetidas à salinidade necessitam de um aporte maior de nitrogênio, pois a mesma aumenta a nitrato redutase e com isso a atividade das enzimas glutamina sintetase (GS) e glutamato sintase (GOGAT), responsáveis pela síntese de nitrogênio orgânico (glutamato e glutamina), afetando assim à síntese de proteínas e com isso a concentração de clorofila e da rubisco nas folhas.

A massa seca total das plantas de girassol segue o mesmo comportamento do crescimento; se ajustando ao modelo linear crescente. Com isso, o maior peso de massa seca foi observado na dose de 100% da necessidade de gesso com valores de 0,6 e 0,93 g planta⁻¹ a ausência e adição do biofertilizante bovino (Figura 6 B). A redução da salinidade e fornecimento pelo corretivo e os nutrientes essenciais ao crescimento das plantas fornecido pelo insumo agrícola proporcionaram melhores condições para o crescimento, com isso, maior peso da matéria seca total, ao contrario, do que ocorre nas menores doses de gesso e na ausência do biofertilizante onde o caráter salino-sódico impede o desenvolvimento das plantas por proporcionar interações iônicas, osmóticas, nutricionais e hormonais (HAZEGAWA et al., 2000; TAIZ & ZEIGER, 2013).

Figura 6. Massa seca das raízes e Massa seca total de plantas de girassol cultivado em um solo salino-sódico após correção com gesso na presença (---) e ausência (-) do biofertilizante.



6 CONCLUSÕES

A aplicação do gesso reduziu a salinidade e a sodicidade do solo, sendo que a dose de 100% da NG proporcionou as maiores reduções obtendo valores de RAS e PST mantendo-os inferiores a (mmol_c L⁻¹)^{-0,5} e 15%, respectivamente.

Em geral, o uso do biofertilizante bovino no solo promoveu efeitos benéficos na redução da salinidade do solo, proporcionando melhor crescimento e acúmulo de massa seca das plantas de girassol.

A associação gesso e biofertilizante favoreceu a correção do solo salino-sódico e cultivo do girassol.

Aplicação da dose 75% da necessidade de gesso associado ao biofertilizante proporcionou melhores resultados no crescimento e acúmulo de matéria seca das plantas de girassol em relação dose de 100% da necessidade de gesso sem biofertilizante.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

CASTRO, C. et al. A cultura do girassol. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1996. 38p. **Circular técnica, 13.**

CATERINA, R. D. et al. Influence of salt stress on seed yield and oil quality of two sunflower hybrids. **Annals of Applied Biology**, v.151, p.145-154, 2007.

- CAVALCANTE, L. F. et al. Crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo em solo salino com esterco bovino líquido fermentado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.4, p.414-420, 2009.
- EL-DARDIRY, E.I. Effect of soil and water salinity on barley grains germination under some amendments. **Word Journal of Agricultural Sciences**, n.3, p.329-338, 2007.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). 1997. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro. 212 p.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FREIRE, M.B.S.; FREIRE, F.J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, p.929-954, 2006.
- HASEGAWA, P.M. et al. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.51, p.463-499, 2000.
- HOLANDA, A.C. et al. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradados por sais. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, v.7, p.39-50, 2007.
- LACERDA C.F. et al. Solute accumulation and distributions during shoot and development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental of Botany**, v.49, n.1, p.107-120, 2003.
- LEITE, E.M. et al. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola. **Irriga**, Botucatu, v.12, p.168-176, 2007.
- MALDANER, I. C. et al. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.
- MENEZES JÚNIOR, J. C. et al. Emprego de corretivos químicos, fontes e doses de fósforo em solo degradado por sais na produção do milho (*Pennisetum glaucum* L.). **Revista Acadêmica Ciências Agrárias Ambiental**. Curitiba, v.8, n.1, p.39-45, 2010.
- MIRANDA, M. A. et al. Condicionadores químicos e orgânicos na recuperação de solo salino-sódico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.15, n.5, p.484-490, 2011.
- NUNES, J. C. et al. Formação de mudas de noni sob irrigação com águas salinas e biofertilizante bovino no solo. **Revista de Engenharia Ambiental**, Santo do Pinhal, v.6, n.2, p.451-463, 2009.
- PRATES H. S.; MEDEIROS M. B. 2001. Entomopatógenos e biofertilizantes na citricultura orgânica. Campinas: SAA/ Coordenadoria de defesa Agropecuária. **Folder**.

QADIR, M. et al. Phytoremediation of Sodic and Saline-Sodic Soils. **Advances in Agronomy**, v.96, p.197-247, 2007.

RIBEIRO, M.R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A.A.A. **Solos Halomórficos do Brasil: Ocorrência, Gênese, Classificação, Uso e Manejo Sustentável**. In: CURI, N. et al. Tópicos em Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. v. 3, Viçosa, 2003.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p. USDA Agricultural Handbook, 60.

SANTOS, C. E. R. E. S. et al. Modificações de vasos de Leonard com garrafas tipo Pet. **Comunicado técnico**, Embrapa, Seropertica, RJ, n.124, p. 1-4, 2009.

SOUSA, F. Q. et al. Crescimento e respostas fisiológicas de espécies arbóreas em solo salinizado tratado com corretivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.2, p.173-181, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 918 p. 2013.

VITAL, A. F. M. et al. Comportamento de atributos químicos de um solo salino-sódico tratado com gesso e fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, p.30-36, 2005.